

Г. П. СЕРАЯ, С. В. КОМОВ

**К ВОПРОСУ ОБ УЧАСТИИ ЦВЕТКОВЫХ РАСТЕНИЙ В НАЧАЛЬНОМ
ОСВОЕНИИ И ПРЕОБРАЗОВАНИИ ЗОЛЬНОГО СУБСТРАТА**

В работах, характеризующих процесс естественного зарастания золоотвалов тепловых электростанций Урала, начало исследований совпадало с этапом, наступающим после 3—8-летней консервации шлаконаливных полей. Обнаруженная на золоотвалах в это время несомкнутая редкая растительность свидетельствовала о том, что заселение зольного субстрата высшими растениями происходит крайне медленно (Тарчевский, 1961, 1964; Шеншин, 1966; Шилова, Зуева, 1969; Хамидулина, 1970 и др.) и что начальное освоение безжизненной золы каменных и бурых углей связано с деятельностью низших растений — водорослей и сопутствующих им микроорганизмов (Фирсова, Кулай, 1967; Тарчевский, Штина, 1967; Неганова, 1969; Штина, Неганова, Третьякова, 1970.) Под влиянием этих первых поселенцев, многие из которых способны к фиксации азота (Голлербах, Штина, 1969), зольный субстрат претерпевает существенные изменения своих исходных физико-химических свойств и лишь после этого становится пригодным для поселения некоторых видов высших споровых и цветковых растений. Таким образом, сама возможность участия цветковых растений в освоении и преобразовании зольного субстрата в процессе заселения золоотвалов растительностью отодвигается на несколько лет с начала консервации золоотвалов.

Между тем совершенно очевидно, что на открытую поверхность золоотвала постоянно, как в период его заполнения, так и после, наряду со спорами низших не может не заноситься большое количество семян цветковых растений, произрастающих на дамбах и в ближайших окрестностях. В связи с этим можно предположить, что в биологическом освоении субстрата золоотвалов с самого начала их консервации наряду с микроорганизмами (водорослями, бактериями, актиномицетами и др.) определенное участие принимают и высшие цветковые растения. Присутствие их (пусть случайное и кратковременное в виде семян и проростков) обогащает зольный субстрат органическими веществами и тем самым способствует его преобразованию и более активной жизнедеятельности микроорганизмов. В пользу этого предположения косвенно говорят некоторые факты, имеющиеся в литературе. Так, например, по данным микробиологических исследований общее количество и видовое разнообразие

разие сине-зеленых водорослей на свежей золе значительно меньше, чем на старых золоотвалах или под опытными посевами (Неганова, 1969). В чистой золе развитие бактерий практически не происходит и микробиологическая деятельность там очень низка (Фирсова, Кулай, 1970). Недостаток в золе азота и органических веществ рассматривается как фактор, лимитирующий развитие микроорганизмов (Панин, Ковалев, 1970), и в то же время высказывается мысль, что в обеспечении азотофиксирующих бактерий органическими веществами немаловажную роль могут играть корневые выделения высших растений (Трибунская, 1966). Таким образом, имеющиеся данные указывают на вероятность зависимости развития и активности микрофлоры на зольном субстрате от наличия в нем органических веществ, одним из возможных источников которых могли бы стать зачатки высших цветковых растений, попавшие на золоотвал.

Однако действительная роль цветковых растений в начальном освоении зольного субстрата в настоящее время остается невыясненной. Первые стадии процесса сукцессионного развития растительности на золоотвалах и начальные этапы почвообразовательного процесса не являлись еще предметом специального изучения. Вопросы, касающиеся судьбы семян, попавших на золоотвал, возможности их прорастания и особенностей формирования проростков на бесплодном и безжизненном субстрате, не нашли пока освещения в литературе. Для выяснения некоторых из них нами был поставлен лабораторный эксперимент и проведены полевые наблюдения. Ставились следующие задачи.

1. Выявить потенциальную возможность к прорастанию семян некоторых дикорастущих и культурных растений на свежей каменноугольной золе, не испытавшей на себе длительного влияния выветривания и биологического воздействия.

2. Изучить особенности формирования и роста на зольном субстрате проростков некоторых видов цветковых растений.

3. Установить количество и характер распределения зачатков цветковых растений (семян, проростков, всходов) на поверхности золоотвала, покрытого свежей золой.

Материал и методика работы

Эксперимент проводился в лабораторных условиях с использованием для проращивания семян застекленной камеры с электрическим освещением, в которой температура в дневные часы поддерживалась на уровне 22—24° С.

Для изучения были взяты виды дикорастущих растений, первыми поселяющихся на золоотвалах при их самозарастании мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*), щавель курчавый (*Rumex crispus*), полынь Сиверца (*Artemisia sieversiana*), череда трехраздельная (*Bidens tripartita*), желтушник левкойный (*Erysimum cheiranthoides*).

des), донник желтый (*Melilotus officinalis*), вейник наземный (*Calamagrostis epuigeos*), пырей ползучий (*Agropyrum repens*), бескильница расставленная (*Puccinllia distans*), щучка дернистая (*Deschampsia caespitosa*), одуванчик лекарственный (*Тагахасит officiale*). Для сравнения параллельно велись наблюдения за прорастанием семян культурных растений (пшеница, овес).

В качестве субстрата для проращивания семян была использована в контрольном варианте почва из ботанического сада Уральского университета (пахотный слой с участка, на котором выращивались картофель и однолетние злаки). В опытных вариантах субстратом служила зола, взятая на золоотвале Средне-Уральской ГРЭС с места вблизи выброса пульпы (условно называется «свежая зола»), а также из верхних горизонтов золоотвала, покрытого уже водорослями, мхами и одиночными экземплярами цветковых растений (выветренная и «обжитая» растениями зола далее условно называется «старая зола»).

Физико-химическая характеристика золы углей, используемых на электростанциях Урала приводится во многих работах (Тарчевский, 1964; Фирсова, Кулуй, 1966; Власова, 1964; Хамидулина, 1966). Анализ зольного субстрата показывает, что основной причиной, тормозящей и ограничивающей поселение на нем цветковых растений, является отсутствие питательных веществ, особенно азотистых.

Для выяснения влияния субстрата на энергию прорастания семени по 100 штук высевались в чашки Петри, где в качестве ложа использовался слой почвы или золы толщиной 1,0—1,5 см. Семена располагались на поверхности субстрата и систематически увлажнялись водопроводной водой. Параллельно с этой группой вариантов для проращивания семян были использованы водные вытяжки из субстратов. Вытяжки (1:4) готовились путем настаивания навески воздушно-сухого субстрата в воде в течение суток и последующей его фильтрации. Ложем для проращивания служил бумажный фильтр. Подсчет проросших семян проводился ежедневно в течение 7—10 дней и затем прекращался в связи с массовым развитием в некоторых вариантах грибного мицелия. Энергия прорастания семян дикорастущих и культурных растений рассчитывалась соответственно на 3-й и 5-й день после начала опыта как среднее арифметическое из 10 повторностей.

Для выявления особенностей формирования и роста проростков семени исследуемых видов высевались в глиняные поддоны, заполненные, соответственно, почвой или золой. Растения в них оставались до начала разворачивания 1-го настоящего листа (т. е. до перехода их в фазу всходов). Полностью сформировавшиеся 2—3-недельные проростки отмывались для морфологического разбора. У 25 растений в каждом варианте измеряли высоту растения, длину корешка, площадь семядолей. Отдельно учитывался вес воздушно-сухой массы проростка в целом, а также вес побега и корня в отдельности. Все полученные данные статистически обработаны.

Достоверность разницы между контролем и опытом устанавливалась при $p=0,05$.

Полевые наблюдения проведены в весенне-летний период 1971 г. на золоотвале Средне-Уральской ГРЭС. Объектом исследования для выявления обилия зачатков цветковых растений (семян и всходов), появляющихся весной на поверхности золоотвала, послужило шлаконаливное поле, которое использовалось для открытой транспортировки пульпы в новый котлован. Русло потока пульпы в течение года непрерывно изменялось, вследствие чего большая часть исследуемого поля ежегодно перекрывалась слоем свежей золы.

Для выявления закономерностей в распределении зачатков цветковых растений на территории золоотвала, на исследуемом поле были заложены три ленточные трансекты шириной в 4 м, пересекавшие его с востока на запад. Вдоль трансекты на каждом участке отмечались особенности нанорельефа, а также подсчитывалось количество семян и всходов путем взятия проб с учетных площадок размером $0,25 \text{ м}^2$ в десятикратной повторности. Некоторые частные вопросы методики рассматриваются в соответствующих разделах работы.

Прорастание семян на зольном субстрате

Известно, что на прорастание семян существенное влияние оказывают различные экологические факторы (Благовещенский, 1951; Ермилов, 1960; Овчаров, 1969 и др.). Важным показателем степени

Таблица 1

Энергия прорастания семян дикорастущих растений на разных субстратах

Вид растения	Семена, проросшие на 5-й день, %					
	в почве	на золе	в водной вытяжке			
			почва	золастая	зола свежая	контроль (вода)
Мать-и-мачеха	4	24	28	36	43	39
Донник желтый	11	16	2	2	8	3
Полынь Сиверса	83	98	96	94	100	100
Черёда трехраздельная	37	3	14	56	6	13
Бескильница расставленная	5*	1	—	—	—	—
Пырей ползучий	43	70	48	66	69	51
Одуванчик лекарственный	8	30	—	—	—	—
Желтушник левкойный	94	54	—	—	—	—
Шавель курчавый	95	91	—	—	—	—
Щучка дернистая	80	73	—	—	—	—
Вейник наземный	10	17	—	—	—	—

* Количество семян, проросших на 10-й день.

воздействия тех или иных условий может быть изменение энергии прорастания семян. Об интенсивности и дружности прорастания семян исследуемых видов дикорастущих растений на почве и зольном субстрате можно судить по данным табл. 1.

Из табл. 1 видно, что семена некоторых видов прорастают на зольном субстрате более дружно, чем на почве. Так, например, энергия прорастания семян донника, вейника и пырея повышается в 1,5—2,0 раза, а у мать-и-мачехи и одуванчика, соответственно, в 4,0—6,0 раз. Вторую группу составляют виды, прорастание семян которых растягивается во времени по сравнению с контролем (желтушник, бескильница, череда). И, наконец, имеются виды, у которых энергия прорастания семян на золе по сравнению с контролем существенно не изменяется (полынь, щавель, щучка).

Видовая специфика в реакции на зольный субстрат проявляется и при прорастании семян культурных злаков (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Энергия прорастания семян культурных злаков на разных субстратах

Вариант опыта	Семена, проросшие на 3-й день, %	
	пшеница	овес
Почва	23	56
Зола свежая	71	59
Зола старая	51	76
Вода	44	72
Водная вытяжка из почвы	76	54
Водная вытяжка из золы	62	60

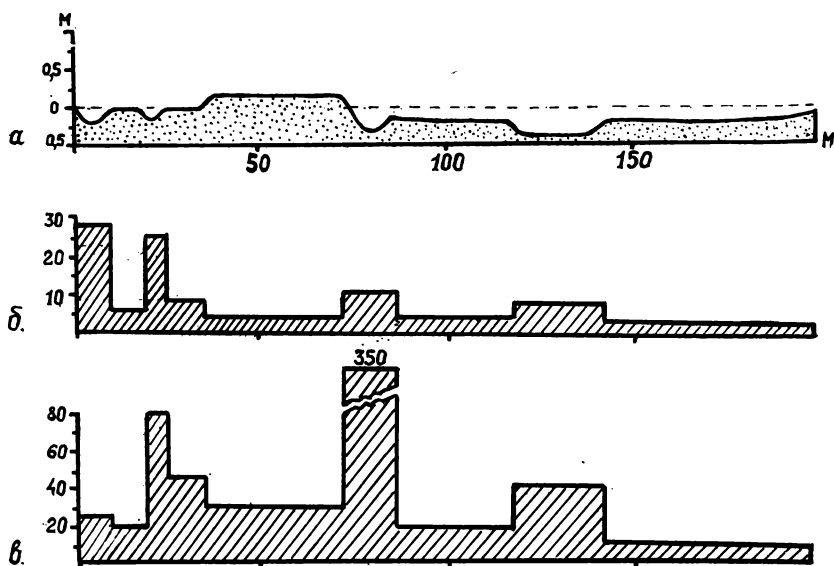
Данные показывают, что семена пшеницы на зольном субстрате прорастают значительно дружнее, чем на почве. У овса изменение энергии прорастания семян в опытном варианте, по сравнению с контролем, оказалось статистически недостоверным. Пшеница и овес по-разному реагируют и на водные вытяжки из субстратов: у пшеницы, по сравнению с контролем, энергия прорастания семян повышается, у овса — понижается.

Причины, вызвавшие изменение энергии прорастания семян растений в каждом отдельном случае могут быть различными. Известно, что прорастание семян зависит от засоленности субстрата (Шахов, 1956; Овчаров, 1969), наличия и активности в нем микрофлоры (Попцов, 1953; Красильников, 1958), а также веществ биогенного происхождения, оказывающих на зародыш семени ингибирующее или активизирующее влияние (Грюммер, 1957; Гродзинский, 1965).

В целом проведенный эксперимент показал принципиальную возможность прорастания семян ряда дикорастущих и культурных

растений на свежей земле, не испытывавшей на себе длительного влияния со стороны абиогенных и биогенных факторов среды.

Результаты лабораторного эксперимента подтвердились и в ходе полевых исследований. Было выявлено, что на поверхности шлаконаливного поля, покрытого свежей золой, имеется относительно большое количество зачатков цветковых растений в виде семян и проростков. Распределение их по площади золоотвала неравномерно и зависит как от удаленности от дамб (растительность послед-



Распределение зачатков цветковых растений на поверхности золоотвала в зависимости от нанорельефа:

а — нанорельеф участка зольного поля вдоль трансекты, б — количество всходов (среднее на 0,25 м²), в — количество семян (среднее на 0,25 м²)

них — главный источник заноса семян), так и от структуры нанорельефа. Последний характеризуется наличием небольших впадин и промоин (разность высот достигает 0,3—0,5 м), трещин, невысоких холмиков и углублений (следы человека, колес автомашин, тракторов и др.). Различные неровности рельефа способствуют задержке семян, разносимых ветром или дождевыми потоками. Наибольшее количество семян и всходов встречается именно в различного рода понижениях нанорельефа (см. рис.). Единичные семена и проростки встречались по всей площади зольного поля на значительном расстоянии от дамб (100—150 м). Далее других залетали семена мать-и-мачехи и тростника. Они встречались и на ровной поверхности отвала и в различного рода микропонижениях, где скапливались в большом количестве. Всего на исследованной площади золоотвала были встречены проростки и всходы 16 видов растений

из числа произрастающих на дамбах и в составе окружающих котлован ценозов: *Agropyrum repens*, *Artemisia vulgaris*, *Atriplex patula*, *Atropis distans*, *Chenopodium album*, *Ch. glaucum*, *Epilobium palustre*, *Erysimum cheiranthoides*, *Lepidium ruderae*, *Matricaria matricarioides*, *Melilotus albus*, *Phragmites communis*, *Polygonum aviculare*, *P. scabrum*, *Pinus silvestris*, *Tussillago farfara*.

Дальнейшая судьбы проростков и всходов зависит от биологических свойств вида и от многих случайных причин экологического характера (засыпание золой, выдувание, вымывание, вытаптывание и др.).

Формирование и рост проростков на зольном субстрате

Прораствание семени и формирование проростка — один из важных и ответственных периодов морфогенеза растения. От степени сформированности и мощности проростка во многом зависит будущая судьба особи, ее успех в жизненном состязании.

Известно, что для формирования и роста проростков требуются иные условия, чем для начала прораствания семени. Не испытывая недостатка в питательных веществах в гетеротрофный период своего формирования, проростки становятся, однако, весьма чувствительными к влажности, температуре и наличию питательных веществ в окружающей среде в последующие — мезотрофный и автотрофный периоды своего становления (Кулешов, 1963). В связи с этим представлялось интересным проследить не только энергию прораствания семян, но и начальные стадии формирования и роста проростков на зольном субстрате.

Наблюдения показали, что на золе формирование проростков протекает нормально и каких-либо патологических изменений в морфологии проростков не наблюдается. Однако интенсивность роста проростков на золе и в почве существенно различаются. При этом следует отметить, что условия, стимулирующие или тормозящие начальный рост зародыша, могут в дальнейшем оказать на ростовые процессы противоположное воздействие. Так, например, на зольном субстрате у желтушника и череды энергия прораствания семян понижается, а интенсивность роста проростков значительно возрастает. Для череды было выявлено, что в контрольном варианте большинство ее проростков к моменту полного разворачивания семядолей погибает. Сохранившиеся к моменту полного разворачивания семядолей значительно уступают по величине и массе проросткам, сформировавшимся на золе (табл. 3). Аналогичная картина наблюдалась и у желтушника левкойного. Высота побега и площадь семядолей у опытных проростков больше, по сравнению с контролем, почти в 2 раза.

У донника и полыни уже на стадии однодневных проростков становится заметной разница в интенсивности роста надземных и подземных органов. Позднее большинство проростков полыни на почве

Таблица 3

Величина и масса проростков растений, сформировавшихся на почве (числитель) и золе (знаменатель)

Вид растения	Высота побега, см	Длина корня, см	Площадь семядолей, мм ²	Вес воздушно-сухой массы, г	Отношение надземной массы к подземной
Щавель курчавый	3,37±0,13	2,10±0,06	19,30±0,50	0,00044	6,3
	3,38±0,08	3,18±0,28	19,80±0,61	0,00083	0,7
Желтушник левкойный . .	3,73±0,12	1,22±0,03	7,01±0,33	0,00022	4,5
	4,80±0,12	1,26±0,04	9,60±0,39	0,00025	5,2
Черёда трехраздельная .	2,80±0,15	1,08±0,07	14,50±0,48	0,00052	7,6
	4,20±0,11	1,17±0,04	20,30±0,97	0,00068	2,8
Полынь Сиверса	1,62±0,11	0,63±0,06	11,02±0,86	0,00380	—
	2,51±0,09	1,62±0,07	13,03±0,60	0,00400	—
Пырей ползучий	12,31±0,56	4,33±0,42	—	0,00192	9,1
	12,50±1,15	3,89±0,37	—	0,00300	7,2
Бескильница расставленная	2,90±0,08	0,81±0,05	—	0,00016	—
	2,71±0,08	0,65±0,08	—	0,00014	—
Вейник наземный	3,90±0,16	1,01±0,09	—	0,00018	—
	4,20±0,12	0,87±0,04	—	0,00022	—
Щучка дернистая	4,20±0,22	1,11±0,10	—	0,00028	—
	3,61±0,17	1,13±0,09	—	0,00029	—

отмирает, в то время как растения на зольном субстрате продолжают развиваться нормально. К моменту полного развертывания семядолей высота побега и длина корня у проростков полыни в опыте превышает контроль соответственно в 1,5 и 2,5 раза. Разница площади семядолей и общей массы проростков оказалась незначительной (см. табл. 3).

В ходе наблюдений было выявлено также, что реакция проростков на зольный субстрат может проявляться по-разному в росте надземных и подземных органов. У щавеля курчавого, одинаково хорошо развивающегося на почве и золе, рост корня в опытном варианте происходит более интенсивно. Относительное увеличение массы корней у проростков при произрастании на зольном субстрате отмечается также у череды и пырея.

У злаков по сравнению с двудольными отклонения в росте проростков были выражены в меньшей степени. Так, например, у щучки и вейника разница в высоте побега и длине корня между опытными и контрольными растениями оказалась статистически незначительной. У пырея ползучего разница в величине проростков была

заметна лишь в первые дни: длина coleoptily и длина зародышевого корня у трехдневных проростков в контроле составляли $1,70 \pm 0,12$ и $1,7 \pm 0,10$ см, а у растений, произрастающих на золе, соответственно, $2,80 \pm 0,11$ и $3,04 \pm 0,08$ см. Однако к моменту полного разворачивания первого листа существенной разницы в величине всходов уже не было отмечено. У бескильницы расставленной, в отличие от всех исследованных дикорастущих видов, интенсивность ростовых процессов на зольном субстрате по сравнению с почвой была пониженной, что проявилось как в общей массе, так и в величине проростка. По-видимому, это связано с малыми размерами семян, вследствие чего раньше начинает проявляться дефицит питательных веществ.

Т а б л и ц а 4
Величина и масса проростков у растений, произрастающих
на золоотвале (числитель) и дамбе (знаменатель)
4 июня 1971 г.

Вид растения	Длина корня, см	Высота побега, см	Вес воздушно-сухой массы проростка, мг
Лебеда лосня- ющаяся . . .	6,55	1,37	25,30
	6,12	1,99	22,90
Мать-и-мачеха	1,16	0,90	1,41
	1,07	0,80	1,33

Полевые наблюдения за состоянием проростков и всходов, появившихся на золоотвале, также показали отсутствие какой-либо существенной разницы в их жизненности и мощности по сравнению с проростками, произрастающими на почве (дамбе). В качестве примера (табл. 4) приводятся данные о величине и массе проростков лебеды лоснящейся и мать-и-мачехи, как наиболее типичных видов из числа пионеров зарастания свежих золоотвалов.

Особо следует остановиться на изменении интенсивности ростовых процессов при формировании на зольном субстрате проростков культурных злаков (табл. 5). Полученные данные показывают, что зола может оказать определенное стимулирующее влияние на формирование и рост проростков. У формирующихся проростков рост корешков и coleoptily на зольном субстрате происходит более интенсивно, чем на почве. Аналогичные результаты были получены и в эксперименте, где наряду с контрольным (почва) и опытным (зола) вариантами включен был третий вариант, в котором семена злаков проращивались на почве, покрытой тонким слоем (2 мм) золы.

Безусловно, решение вопроса о возможном стимулирующем воздействии зольного субстрата на ростовые процессы в растениях

**Размеры проростков культурных злаков, сформировавшихся
на разных субстратах**

Вид растения	Субстрат	Высота побега, см	Длина зародышевого корня, см
Пшеница	почва	$0,60 \pm 0,01$	$0,40 \pm 0,04$
	зола свежая	$1,80 \pm 0,10$	$2,50 \pm 0,10$
	зола старая	$2,20 \pm 0,15$	$2,66 \pm 0,16$
Овес	почва	$0,35 \pm 0,11$	$0,56 \pm 0,06$
	зола свежая	$0,95 \pm 0,07$	$2,30 \pm 0,28$
	зола старая	$1,58 \pm 0,06$	$2,80 \pm 0,13$

требует постановки специального эксперимента. Независимо от этого наши наблюдения за прорастанием и формированием на зольном субстрате проростков пшеницы и овса подкрепляют вывод об удовлетворительных свойствах золы как среды для выращивания культурных растений при условии внесения азотных и калийных удобрений (Тарчевский, 1964; Хамидулина, 1966; Панин, Ковалев, 1970).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного лабораторного эксперимента и полевых исследований выявлено, что зола тепловых электростанций с момента поступления ее на зольное поле во влажном состоянии представляет собой субстрат, пригодный для прорастания семян, формирования проростков и всходов многих видов цветковых растений. Следовательно, биологическое освоение зольного субстрата может происходить с самого начала при участии как низших, так и высших растений.

На начальных стадиях биологического освоения зольного субстрата, как показано некоторыми авторами, активными ведущими компонентами являются микроорганизмы (водоросли, бактерии, актиномицеты и др.). Высшие споровые и цветковые растения, по видимому, принимают лишь косвенное участие, обогащая субстрат органическими веществами и способствуя ускоренному заселению золоотвала различными микроорганизмами, обитающими на поверхности спор и семян.

Стимулируя развитие гетеротрофной микро- и микофлоры, цветковые растения усиливают тем самым влияние микроорганизмов на субстрат, ускоряя ход почвообразовательного процесса. Это, в свою очередь, явится необходимым условием для закрепления в дальнейшем на данной площади цветковых растений, которые и займут на последующих стадиях сукцессионного развития растительного покрова ведущее место в круговороте вещества и энергии.

ЛИТЕРАТУРА

Благовещенский А. В., 1951. О веществах, задерживающих прорастание семян. «Бюлл. Гл. бот. сада», вып. 9.

Власова Г. М., 1964. Рост и развитие растений 2-го года жизни на золоотвале Березниковской ТЭЦ № 4. В сб. «Растения и промышленная среда», Свердловск, УрГУ.

Голлербах М. М., Штина Э. А., 1969. Почвенные водоросли. М. — Л., «Наука».

Гродзинский А. М., 1965. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. Киев, «Наукова думка».

Грюммер И., 1957. Взаимное влияние высших растений — аллелопатия. Москва, ИЛ.

Ермилов Г. Б., 1960. Полевая всхожесть семян и причины ее снижения. М., Мин-во с.-х. РСФСР.

Колесников Б. П., Пикалова Г. М., 1970. Некоторые результаты работы лаборатории промышленной ботаники Уральского университета по фитомелиорации промышленных отвалов. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск, «Наука».

Красильников Н. А., 1958. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М., АН СССР.

Кулешов Н. Н., 1963. Агрономическое семеноведение. М., Сельхозгиз.

Неганова Л. Б., 1970. О составе водорослей, развивающихся на промышленных отвалах. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 4. Свердловск, УФАН СССР.

Овчаров К. Е., 1969. Физиологические основы всхожести семян. М., «Наука».

Орловский Н. В., 1951. Допустимые, вредные и токсические концентрации солей в почвах центральной Барабы. «Тр. Новосибирского с.-х. ин-та», № 8.

Панин П. С., Ковалев Р. В., 1970. Химические и водно-физические свойства золоотвалов Новосибирской ТЭЦ. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск, «Наука».

Полцов А. В., 1953. Твердые семена. «Бюлл. Гл. бот. сада», вып. 3.

Тарчевский В. В., 1961. Наблюдения над закрытием растительностью пылящих пространств промышленных отходов в Свердловской области. В сб. «Охрана природы на Урале», вып. 2. Пермь, УФАН СССР.

Тарчевский В. В., 1964а. Биологические методы консервации золоотвалов тепловых электростанций Урала. В сб. «Растения и промышленная среда». Свердловск, УрГУ.

Тарчевский В. В., 1964б. Промышленные отвалы и их освоение. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 4. Свердловск, УФАН СССР.

Тарчевский В. В., Штина Э. А., 1967. Водоросли промышленных отвалов. «Тр. Кировского с.-х. ин-та», 20, № 40.

Трибунская А. Я., 1966. Роль азотобактера в питании растений, поселяющихся на торфяных зольниках, известковых отвалах и в городских условиях. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 5. Свердловск, УФАН СССР.

Шахов А. А., 1956. Солеустойчивость растений. М., АН СССР.

Шеншин П. Г., 1966. Растения, поселяющиеся на каменноугольной золе при естественном зарастании золоотвалов Березниковской ТЭЦ № 4. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 5. Свердловск, УФАН СССР.

Шилова И. И., Зуева Г. В., 1969. Естественная растительность золоотвала Верхне-Тагильской ГРЭС. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Штина Э. А., Неганова Л. Б., Третьякова А. Н., 1970. Роль азотфиксирующих водорослей в зарастании промышленных отвалов. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск, «Наука».

Фирсова В. П., Кулай Г. А., 1966. Физико-химические и микробиологические свойства зол отвалов тепловых электростанций Свердловской области. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 5. Свердловск, УФАН СССР.

Хамидулина М. В., 1966. Рост и развитие многолетних злаковых и бобовых растений на золе с поливом сточными водами. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 5. Свердловск, УФАН СССР.